

Foto: Flávia Rabelo Barbosa



Efeitos do sistema plantio direto no uso da água pelas culturas e no manejo da irrigação

Luís Fernando Stone¹
Pedro Marques da Silveira²
José Aloísio Alves Moreira³

Introdução

O conhecimento sobre como o manejo do solo afeta sua capacidade de armazenamento de água e a disponibilidade dessa às plantas é importante para o manejo da irrigação na agricultura. A capacidade de armazenamento de água do solo depende de atributos relacionados ao espaço poroso, como textura, estrutura, distribuição e diâmetro médio dos poros, e da profundidade do solo. A quantidade de água que pode ser armazenada no perfil do solo é uma característica intrínseca à sua matriz e não depende das plantas (PETRY et al., 2007). A disponibilidade de água às plantas, por sua vez, também é afetada por fatores intrínsecos ao solo, como a sua estrutura, por determinar o arranjo das partículas e, por consequência, a distribuição do diâmetro dos poros, textura, tipo e quantidade de argila, e teor de matéria orgânica (KLEIN; LIBARDI, 2000), além de depender da capacidade das plantas em extrair água nos diferentes teores de umidade e níveis de energia de retenção. A interação entre esses fatores é bastante complexa e muito difícil de ser prevista.

As operações de manejo do solo utilizadas na agricultura modificam algumas condições físicas

do solo associadas à estrutura, afetando tanto a sua capacidade de armazenamento de água como a disponibilidade de água às plantas, aeração e resistência ao crescimento das raízes, diretamente relacionadas ao crescimento das plantas e ao rendimento de grãos (STONE et al., 2009).

Solos sob plantio direto, por exemplo, adquirem condições físicas diferentes daqueles submetidos ao preparo convencional. Pela ausência de revolvimento e pelo tráfego de máquinas e implementos, pode ocorrer aumento na densidade e diminuição no volume de macroporos na camada superficial. Essa condição, até certo ponto, favorece o armazenamento de água no solo (KLEIN; LIBARDI, 2000). Contudo, o maior armazenamento de água no solo sob plantio direto, dependendo do grau de compactação do solo, pode não representar maior disponibilidade de água às plantas, principalmente devido à ocorrência de limitações físicas ao crescimento das raízes e, conseqüentemente, da parte aérea das plantas (STONE et al., 2009).

Assim, é importante conhecer as implicações das alterações nos atributos físico-hídricos do solo, causadas pelos sistemas de manejo, no uso da água

¹ Engenheiro agrônomo, Doutor em Solos e Nutrição de Plantas, pesquisador da Embrapa Arroz e Feijão, Santo Antônio de Goiás, GO, stone@cnpaf.embrapa.br

² Engenheiro agrônomo, Doutor em Fertilidade de Solos e Nutrição de Plantas, pesquisador da Embrapa Arroz e Feijão, Santo Antônio de Goiás, GO, pmarques@cnpaf.embrapa.br

³ Engenheiro agrônomo, Doutor em Irrigação e Drenagem, pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo, jaloisio@cnpmis.embrapa.br

pelas culturas e no manejo da irrigação. Stone et al. (2009) fizeram uma revisão sobre esse tema e a apresentaram na forma de palestra no III Simpósio Nacional Sobre o Uso da Água na Agricultura, realizado em 2009, em Passo Fundo, RS. Este trabalho é uma adaptação condensada daquela palestra.

Manejo do Solo e Uso da Água

Infiltração e movimentação da água no solo

O fato dos solos sob plantio direto geralmente apresentarem maior densidade, menor porosidade total e macroporosidade (URCHEI et al., 1996; SILVEIRA et al., 1999, 2008; STONE; SILVEIRA, 2001, 2004), quando comparados aos solos preparados convencionalmente, não é, a primeira vista, favorável para permitir altos índices de infiltração. Porém, em plantio direto o solo encontra-se protegido por cobertura morta, o que aumenta a quantidade de água interceptada. A vegetação ainda amortece a energia de impacto das gotas de chuva, reduzindo a desagregação, a obstrução dos poros e o selamento superficial do solo. A presença de cobertura vegetal na superfície também promove a redução da velocidade do escoamento superficial, aumentando o tempo de oportunidade para a infiltração, devido ao aumento da rugosidade hidráulica do percurso ao longo do qual ocorre o escoamento. Assim, aliando-se o efeito da cobertura ao da maior estabilidade estrutural, a infiltração de água no solo sob plantio direto tem sido mais elevada que em outros sistemas de preparo, ocasionando menor perda de água por escoamento superficial. Corroborando essa afirmação, Silva et al. (2005) verificaram que as perdas de solo e água foram menos acentuadas no plantio direto em relação ao sistema de cultivo convencional.

Souza e Alves (2003) verificaram maiores valores de condutividade hidráulica saturada nos solos sob cultivo mínimo e plantio direto que no sob preparo convencional. Os valores mais altos sob cultivo mínimo e plantio direto podem ser explicados pela continuidade dos poros e pela maior atividade biológica da micro, meso e macrofauna. No preparo convencional, devido à mobilização do solo, predomina a descontinuidade dos poros, enquanto no plantio direto há um contínuo de poros que facilita a movimentação tridimensional da água. A taxa de infiltração da água no solo pode ser aumentada sob plantio direto quando é feita

escarificação do solo, que reduz a sua densidade e aumenta a rugosidade superficial e a condutividade hidráulica (CAMARA; KLEIN, 2005).

Maior infiltração de água no solo significa melhor aproveitamento das chuvas, resultando em economia de água, quando é praticada a irrigação suplementar. Ademais, ao seguir o preceito de que se deve irrigar com a maior intensidade de aplicação possível, a maior infiltração de água no solo possibilita menor tempo por posição das linhas laterais para determinada lâmina de irrigação. No caso do pivô central, a maior infiltração permite trabalhar com menor velocidade, sem causar problema de escoamento superficial em razão da velocidade mínima da última torre, aumentando o tempo de retorno da irrigação, diminuindo as perdas por evaporação do solo, devido ao umedecimento da sua superfície ser mais espaçado no tempo, e o molhamento das plantas, o que pode minimizar a incidência de doenças.

Armazenamento de Água no Solo

Outra característica importante do solo sob plantio direto é o seu maior armazenamento de água. Nas tensões matriciais mais baixas, o armazenamento de água no solo está relacionado com o volume de poros e a uniformidade de distribuição do seu tamanho. Nos solos sob plantio direto é maior o volume dos poros de tamanho intermediário, uma vez que certo número de poros originalmente grandes são comprimidos e reduzidos em tamanho pela compactação, ao passo que os poros internos nos aglomerados, os microporos, permanecem inatingidos. Desta maneira, aqueles sistemas de preparo que provocam maior revolvimento do solo, armazenam menos água na camada revolvida em comparação à outra camada idêntica sem revolvimento. Realmente, Figueiredo et al. (2008) verificaram que o revolvimento da camada de solo de 0 – 10 cm reduziu o armazenamento de água em comparação com o solo sob plantio direto.

O aumento da retenção de água no solo sob plantio direto tem sido observado por alguns autores (SALTON; MIELNICZUK, 1995; URCHEI, 1996; STONE; SILVEIRA, 1999). Todavia, a disponibilidade de água para as plantas vai depender do nível de compactação e da distribuição do diâmetro de poros resultante.

Klein e Libardi (2000) observaram que em solo de mata com elevada macroporosidade a retenção

de água foi menor que em solo sob plantio direto. Observaram também que o aumento até determinado valor na densidade do solo sob plantio direto favoreceu o armazenamento de água, bem como sua disponibilidade às culturas, e que além desse valor a disponibilidade de água diminuiu. Corroborando esse resultado, Silva et al. (2008) verificaram que o plantio direto promoveu alterações nas condições físico-hídricas de um Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico de textura franco-arenosa, elevando a sua capacidade de armazenamento de água em comparação ao cerrado nativo.

Costa et al. (2003) observaram que o armazenamento de água na camada de 0 – 20 cm foi superior no solo sob plantio direto do que no sob preparo convencional. Moreira et al. (2006a) também verificaram que na camada de solo de 0-10 cm de profundidade a retenção de água foi maior sob plantio direto que sob preparo convencional. Ademais, o solo sob plantas de cobertura leguminosas (crotalária, mucuna preta e guandu anão) reteve mais água que o cultivado com sorgo ou em pousio. Lopes et al. (2004), por sua vez, não encontraram diferenças importantes no armazenamento de água entre plantio direto e preparo convencional do solo, no primeiro ano de adoção do plantio direto.

Disponibilidade de Água às Plantas

O solo sob plantio direto normalmente apresenta maior retenção de água na capacidade de campo devido à distribuição do diâmetro de poros (aumento da meso e microporosidade), como consequência pode apresentar maior disponibilidade total de água no solo do que o solo preparado convencionalmente, uma vez que a retenção de água no ponto de murcha depende mais da textura do solo, que não é alterada pelo manejo. Como o fator de disponibilidade não varia com o manejo, a disponibilidade real de água no solo (DRA) geralmente é maior sob plantio direto.

Contudo, maior capacidade de armazenamento de água no solo pode não representar maior disponibilidade de água às plantas, se ocorrer restrição ao desenvolvimento radicular pelo manejo do solo.

Vários autores (DE MARIA et al., 1999; TAVARES FILHO et al., 2001) verificaram que maiores valores de resistência à penetração e densidade do solo não determinaram, necessariamente, redução da densidade de raízes (cm de raiz por cm³ de solo)

sob plantio direto, devido ao sistema de poros mais estáveis nesse sistema.

Contudo, tem sido observada concentração superficial do sistema radicular no plantio direto. Richter et al. (1990) observaram que, embora houvesse maior produção de raízes em culturas em plantio direto que no preparo convencional, no plantio direto a maior quantidade de raízes ficou concentrada nos primeiros 15 cm do solo. Stone e Silveira (1999) também constataram maior concentração de raízes do feijoeiro na camada até 20 cm no plantio direto em relação ao preparo do solo com arado. Entretanto, Stone e Moreira (2001) verificaram que, com o passar do tempo, o sistema radicular do feijoeiro sob plantio direto aumentou em profundidade. Silva et al. (2000) verificaram que o milho cultivado no SPD apresentou, na camada até 10 cm, maior densidade de raízes do que no sistema de preparo convencional de solo, enquanto que, na profundidade de 0 a 40 cm, o SPD apresentou menor densidade de raízes. Stone e Moreira (1998) também verificaram, sob plantio direto, considerando a profundidade de 0 a 60 cm, menor densidade radicular da cultivar de arroz de terras altas Maravilha em relação a preparos que mobilizavam o solo.

A capacidade real de água no solo (CRA) ou lâmina líquida de irrigação depende da DRA e da profundidade efetiva das raízes. No caso da irrigação por pivô central, em que geralmente se considera uma profundidade de 30 cm, independentemente do manejo, a CRA pode ser maior sob plantio direto. No caso da aspersão convencional, em que se considera irrigar um perfil mais profundo de solo, se houver alguma restrição ao desenvolvimento radicular no solo sob plantio direto, a profundidade efetiva das raízes pode ser menor do que no preparo convencional e pode não haver diferenças entre os manejos com relação à CRA.

Maior CRA implica em maior turno de rega, com consequente redução nos custos de operação do sistema de irrigação e, no caso do pivô central, como discutido anteriormente, contribui para diminuir as perdas por evaporação do solo e minimizar a incidência de doenças, pelo menor molhamento das plantas.

Evaporação da Água do Solo e Economia de Água

Quando na superfície do solo, os resíduos de culturas atuam significativamente nos regimes

hídrico e térmico do solo. A cobertura morta atua na primeira fase do processo de evaporação da água do solo, reduzindo a taxa de evaporação, em razão da reflexão e da absorção da energia incidente, que se relaciona à cor, ao tipo, à quantidade e à distribuição da palha das culturas anteriores, resultando em economia de água (STONE; MOREIRA, 2000; ANDRADE et al., 2002; STONE et al., 2006).

Assim, é de se esperar que, pela presença de cobertura morta, ocorra significativa economia de água no plantio direto em comparação a outros manejos do solo. Realmente, Nascimento et al. (2001) verificaram que a demanda total de água para o feijoeiro sob preparo convencional do solo foi de 325 mm, enquanto que sob plantio direto a demanda foi de 260 mm, representando uma redução de 20% do total de água aplicado no preparo convencional.

A importância da cobertura morta na economia de água foi comprovada por Stone e Moreira (2000), que verificaram que sob plantio direto com cobertura morta o uso da água pela cultura do feijoeiro foi mais eficiente em relação ao plantio direto sem cobertura morta e ao sistema de preparo do solo com grade aradora. Com a cultivar Safira, de plantas eretas, a produtividade obtida nesse último sistema, com 400 mm de água, foi semelhante à obtida com 240 mm no plantio direto com cobertura morta, o que representa uma economia de água de 40% (Figura 1). Com a cultivar Aporé, por ter plantas prostradas, a economia foi menos expressiva, de 14%.

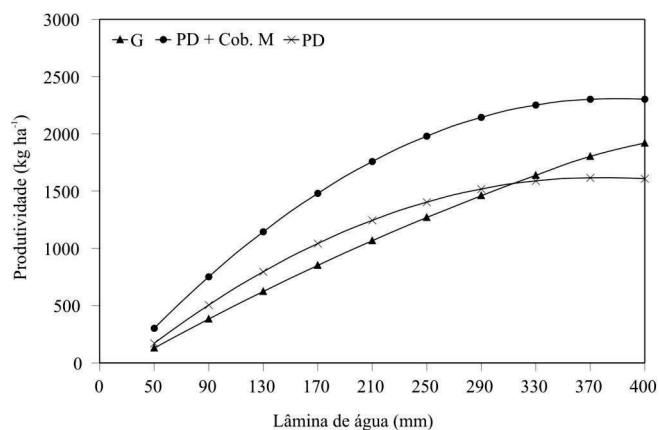


Figura 1. Produtividade da cultivar de feijão Safira em função da lâmina total de água aplicada, em três sistemas de preparo do solo: G – Grade, PD + Cob.M – Plantio Direto + cobertura morta e PD – Plantio Direto.

Fonte: Adaptada de Stone e Moreira (2000).

A taxa de redução no requerimento de água depende da magnitude da cobertura morta e da arquitetura e desenvolvimento do dossel da planta cultivada. Assim, quando a palhada é pouca ou é rapidamente decomposta, e a cultura cobre rapidamente o solo, esse benefício não é tão expressivo. Pereira et al. (1999) observaram que a economia de água começa a ser importante a partir de 50% de cobertura do solo pela palhada, implicando em menor número de irrigações. Foi observado que na ausência de cobertura do solo foram realizadas 14 irrigações. Uma cobertura do solo de 50% permitiu economizar 7% de água, com um total de 13 irrigações. Com 75% de cobertura do solo, reduziu-se o consumo de água em 21%, irrigando-se 11 vezes a lavoura. Finalmente, o solo plenamente protegido possibilitou baixar em 29% o uso da água, perfazendo um total de 10 irrigações. Andrade et al. (2002) também verificaram que a evapotranspiração da cultura do feijoeiro apresentou ao final do ciclo valores menores à medida que a porcentagem de cobertura do solo pela palhada foi maior (Figura 2).

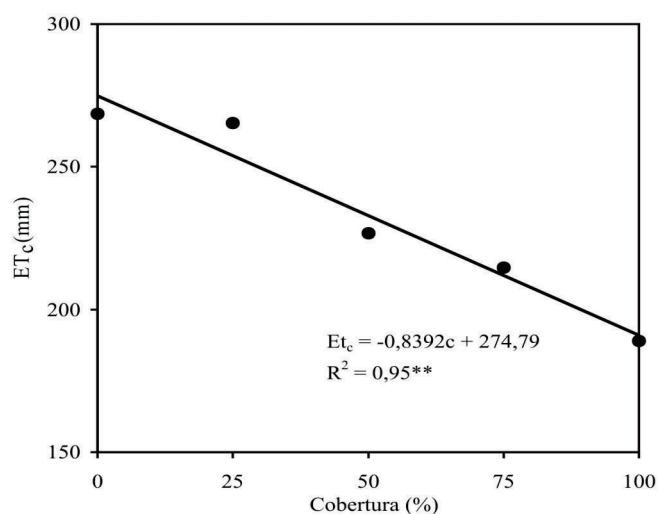


Figura 2. Efeito da cobertura do solo sobre a evapotranspiração (ET_c) do feijoeiro.

Fonte: Andrade et al. (2002).

Stone et al. (2006), estudando por dois anos o efeito na economia de água de diferentes culturas de cobertura do solo, a saber: braquiária, milho consorciado com braquiária, guandu anão, milheto, mombaça, sorgo granífero, estilosantes e crotalária, verificaram que ela depende da quantidade de palhada fornecida pela cultura e de sua taxa de decomposição (Figura 3). As palhadas de braquiária e mombaça, pela maior produção de matéria seca, propiciaram as menores perdas de água por evapotranspiração. As maiores diferenças entre as palhadas das culturas de cobertura, com relação

à evapotranspiração do feijoeiro, ocorreram nos estádios iniciais e finais do ciclo, em que as plantas do feijoeiro cobriam menos o solo. Entre os estádios V2 e o início de V4, no primeiro ano, a cobertura de braquiária proporcionou redução de 28% na evapotranspiração do feijoeiro em comparação à de estilosantes. Nos estádios R8 e R9 esta redução foi, respectivamente, de 24% e 36%. Nos demais estádios, a redução situou-se entre 11% e 16%. No segundo ano, em comparação com a cobertura de guandu, a braquiária proporcionou reduções de 35% e 29%, nos dois primeiros estádios, e de 36% e 39%, nos dois últimos, respectivamente. Nos demais, as reduções variaram de 6% a 21%.

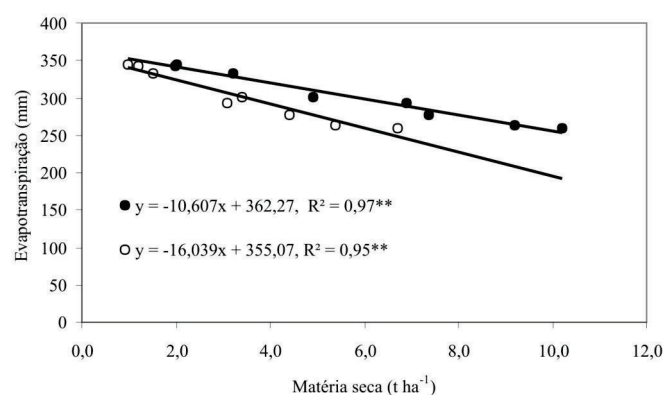


Figura 3. Evapotranspiração durante o ciclo do feijoeiro, em 2004, em função da massa da palhada das culturas de cobertura determinada na sementeira (●) e na colheita (○) do feijoeiro.

Fonte: Stone et al. (2006).

A economia de água proporcionada pelo plantio direto também pode ser evidenciada pela comparação entre coeficientes de cultura (K_c) obtidos com diferentes manejos do solo.

Os coeficientes de cultura do feijoeiro (STONE; SILVA, 1999), arroz de terras altas (STONE; SILVA, 2004), trigo (MOREIRA et al., 2005) e milho (MOREIRA et al., 2006b), sob plantio direto, determinados em estudos conduzidos na Embrapa Arroz e Feijão, foram menores que os sob preparo convencional do solo, refletindo a economia de água proporcionada pelo plantio direto.

Stone e Silva (1999) obtiveram valor de K_c igual a 1,06 no estágio da emergência até a floração/enchimento de grãos do feijoeiro sob plantio direto. Steinmetz (1984), para esse mesmo estágio, obteve o valor de 1,28 quando o feijoeiro foi cultivado em sistema convencional. Comparando-se os dois sistemas, o sistema plantio direto propiciou uma economia de água em torno de 17%.

Stone e Moreira (2006) determinaram em condições de campo coeficientes de cultura ao longo do ciclo do arroz de terras altas, cultivar Primavera, sob plantio direto, considerando três porcentagens de cobertura do solo pela palhada de braquiária, 0%, 50% e 100%. O menor valor de ET_c ocorreu no tratamento de 100% de cobertura do solo pela palhada de braquiária e o maior no solo sem cobertura de palhada. A cobertura total do solo pela palhada resultou em economia de 9,0% e 17,8% na perda de água através da evapotranspiração, respectivamente em relação ao solo com 50% de cobertura e ao sem cobertura. Esse último valor é da mesma magnitude do encontrado na comparação da evapotranspiração do arroz de terras altas sob plantio direto com a sob preparo convencional do solo (STONE; SILVEIRA, 2003). As diferenças percentuais entre os tratamentos com relação à ET_c foram maiores nos estádios iniciais, em que as plantas do arroz de terras altas cobriam menos o solo. No estágio de germinação ao início do perfilhamento, a cobertura total do solo proporcionou reduções de 32,6% e 49,2% na ET_c , respectivamente em comparação ao solo com 50% de cobertura e ao sem cobertura. No estágio de diferenciação das espiguetas ao emborrachamento, em que ocorreram os valores máximos de K_c , essa redução foi, respectivamente, de 2,3% e 4,5%. Os valores de K_c para o solo totalmente coberto foram similares aos obtidos em evapotranspirômetro por Stone e Silva (2004), para as mesmas condições.

Para a cultura do trigo irrigado, no sistema plantio direto, Moreira et al. (2005) determinaram o coeficiente de cultura em diferentes níveis de cobertura do solo pela palhada. Comparando o valor máximo de K_c do trigo, no período reprodutivo, obtido no solo sem cobertura, 1,25, para o solo com 100% de cobertura, 1,0, observa-se que a cobertura total do solo pela palhada propiciou economia de água de cerca de 20%.

Com relação à cultura do milho, também no sistema plantio direto, Moreira et al. (2006b) verificaram que os coeficientes de cultura máximos ocorreram entre 65 e 79 dias após a emergência e corresponderam a 0,91, 0,92 e 1,25, para os níveis de 100%, 50% e 0% de cobertura do solo pela palhada, respectivamente. Observou-se em relação ao solo sem cobertura uma economia de cerca de 26% no uso da água no solo com 50% de cobertura e de 27% no solo totalmente coberto pela palhada.

Em condições idênticas de irrigação, a tensão matricial da água do solo no sistema plantio direto foi menor e menos variável ao longo do ciclo do feijoeiro em comparação com outros preparos que mobilizavam o solo (STONE; SILVEIRA, 1999; URCHEI et al., 2000; NASCIMENTO et al., 2001). Isso ocorreu devido à cobertura do solo pela palhada e significa que no plantio direto houve sempre mais água disponível para as plantas e menor variação no seu conteúdo no solo.

Pode-se deduzir, portanto, que o manejo da irrigação deve ser diferenciado no sistema plantio direto em relação ao sistema de preparo convencional do solo, em razão da maior economia de água do plantio direto o que, além de contribuir para aumentar o intervalo entre irrigações, contribui para a redução nos custos totais da irrigação.

Conclusões

Em solos sob plantio direto ocorre maior infiltração de água, permitindo maior aproveitamento da água da chuva.

A maior infiltração reduz o escoamento superficial, permitindo aplicar maiores lâminas de água, o que implica em maiores turnos de rega.

A cobertura do solo pela palhada no sistema plantio direto reduz a evaporação da água do solo.

A maior economia de água no sistema plantio direto contribui para aumentar o intervalo entre irrigações e reduzir os custos totais da irrigação.

Referências

- ANDRADE, R. da S.; MOREIRA, J. A. A.; STONE, L. F.; CARVALHO, J. de A. Consumo relativo de água do feijoeiro no plantio direto em função da porcentagem de cobertura morta do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 6, n. 1, p. 35-38, jan./abr. 2002.
- CAMARA, R. K.; KLEIN, V. A. Escarificação em plantio direto como técnica de conservação do solo e da água. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 29, n. 5, p. 789-796, set./out. 2005.
- COSTA, F. S.; ALBUQUERQUE, J. A.; BAYER, C.; FONTOURA, S. M. V.; WOBETO, C. Propriedades físicas de um Latossolo Bruno afetadas pelos sistemas plantio direto e preparo convencional. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 27, n. 3, p. 527-535, maio/jun. 2003.
- DE MARIA, I. C.; CASTRO, O. M.; DIAS, H. S. Atributos físicos do solo e crescimento radicular de soja em Latossolo Roxo sob diferentes métodos de preparo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 23, n. 3, p. 703-709, jul./set. 1999.
- FIGUEIREDO, C. C.; RAMOS, M. L. G.; TOSTES, R. Propriedades físicas e matéria orgânica de um Latossolo Vermelho sob sistemas de manejo e cerrado nativo. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 24, n. 3, p. 24-30, July/Sept. 2008.
- KLEIN, V. A.; LIBARDI, P. L. Faixa de umidade menos limitante ao crescimento vegetal e sua relação com a densidade do solo ao longo do perfil de um latossolo roxo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 30, n. 6, p. 959-964, nov./dez. 2000.
- LOPES, A. S.; PAVANI, L. C.; CORÁ, J. E.; ZANINI, J. R.; MIRANDA, H. A. Manejo da irrigação (tensiometria e balanço hídrico climatológico) para a cultura do feijoeiro em sistemas de cultivo direto e convencional. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 24, n. 1, p. 89-100, jan./abr. 2004.
- MOREIRA, J. A. A.; SOUZA, E. R. de; STONE, L. F.; DIDONET, A. D.; LANNA, A. C. Plantas de cobertura de solo e retenção de água de um Latossolo Vermelho distrófico em sistema de produção orgânico. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROECOLOGIA, 4., 2006, Belo Horizonte. **Construindo horizontes sustentáveis: anais...** Belo Horizonte: EMATER-MG, 2006a. 1 CD-ROM.
- MOREIRA, J. A. A.; STONE, L. F.; CARVALHO, M. T. M. Determinação de coeficientes de cultura para o milho, cultivado no sistema plantio direto, com diferentes níveis de cobertura do solo pela palhada. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 26., 2006, Belo Horizonte. **Inovação para sistemas integrados de produção: trabalhos apresentados**. Sete Lagoas: ABMS, 2006b. 1 CD-ROM.
- MOREIRA, J. A. A.; STONE, L. F.; BERNARDES, T. G. Coeficientes de cultura para o trigo em função da porcentagem de cobertura morta do solo. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 15.; SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE USO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NA AGRICULTURA IRRIGADA, 2005, Teresina. **Anais...** Teresina: Embrapa Meio Norte, 2005. 1 CD-ROM.

NASCIMENTO, J. L. do; STONE, L. F.; OLIVEIRA, L. F. C. de. Demanda total de água do feijoeiro nos sistemas de plantio convencional e direto. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 31, n. 2, p. 159-161, jul./dez. 2001.

PEREIRA, A. L.; STONE, L. F.; MOREIRA, J. A. A. Manejo da irrigação do feijoeiro em plantio direto: cobertura do solo. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 6., 1999, Salvador. **Resumos expandidos...** Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 1999. p. 450-451. (Embrapa Arroz e Feijão. Documentos, 99).

PETRY, M. T.; ZIMMERMANN, F. L.; CARLESSO, R.; MICHELON, C. J.; KUNZ, J. H. Disponibilidade de água do solo ao milho cultivado sob sistemas de semeadura direta e preparo convencional. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 31, n. 3, p. 531-539, maio/jun. 2007.

RICHTER, D. D.; BABBAR, L. I.; HUSTON, M. A.; JAEGER, M. Effects of annual tillage on organic carbon in a fine-textured udalf: the importance of root dynamics to soil carbon storage. **Soil Science**, Baltimore, v. 149, n. 2, p. 78-83, Feb. 1990.

SALTON, J. C.; MIELNICZUK, J. Relações entre sistemas de preparo, temperatura e umidade de um Podzólico Vermelho-Escuro de Eldorado do Sul (RS). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 19, n. 2, p. 313-319, maio/ago. 1995.

SILVA, C. G. da; ALVES SOBRINHO, T.; VITORINO, A. C. T.; CARVALHO, D. F. de. Atributos físicos, químicos e erosão entressulcos sob chuva simulada, em sistemas de plantio direto e convencional. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 25, n. 1, p. 144-153, jan./abr. 2005.

SILVA, G. J.; VALADÃO JÚNIOR, D. D.; BIANCHINI, A.; AZEVEDO, E. C. de; MAIA, J. C. de S. Variação de atributos físico-hídricos em Latossolo Vermelho-Amarelo do cerrado mato-grossense sob diferentes formas de uso. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 32, n. 5, p. 2135-2143, set./out. 2008.

SILVA, V. R.; REINERT, D. J.; REICHERT, J. M. Densidade do solo, atributos químicos e sistema radicular do milho afetados pelo pastejo e manejo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 24, n. 1, p. 191-199, jan./mar. 2000.

SILVEIRA, P. M. da; SILVA, J. G. da; STONE, L. F.; ZIMMERMANN, F. J. P. Alterações na densidade e na macroporosidade de um Latossolo Vermelho-Escuro causadas pelo sistema de preparo do solo. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 29, n. 2, p. 145-149, jul./dez. 1999.

SILVEIRA, P. M. da; STONE, L. F.; ALVES JÚNIOR, J.; SILVA, J. G. da. Efeitos do manejo do solo sob plantio direto e de culturas na densidade e porosidade de um latossolo. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 24, n. 3, p. 53-60, July/Sept. 2008.

SOUZA, Z. M. de; ALVES, M. C. Movimento de água e resistência à penetração em um Latossolo Vermelho distrófico de cerrado, sob diferentes usos e manejos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 7, n. 1, p. 18-23, jan./abr. 2003.

STEINMETZ, S. **Evapotranspiração máxima no cultivo do feijão de inverno**. Goiânia: EMBRAPA-CNPAF, 1984. 4 p. (EMBRAPA-CNPAF. Pesquisa em andamento, 47).

STONE, L. F.; MOREIRA, J. A. A. Coeficientes de cultura para o arroz de terras altas em função da porcentagem de cobertura morta do solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 35., 2006, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: SBEA, 2006. 1 CD-ROM.

STONE, L. F.; MOREIRA, J. A. A. Desenvolvimento radicular de cultivares de arroz em diferentes sistemas de preparo do solo, sob irrigação suplementar por aspersão. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE ARROZ, 6., 1998, Goiânia. **Perspectivas para a cultura do arroz nos ecossistemas de várzeas e terras altas: resumos expandidos**. Goiânia: Embrapa-CNPAF, 1998. v. 1, p. 103-106. (Embrapa-CNPAF. Documentos, 85).

STONE, L. F.; MOREIRA, J. A. A. Efeitos de sistemas de preparo do solo no uso da água e na produtividade do feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 35, n. 4, p. 835-841, abr. 2000.

STONE, L. F.; MOREIRA, J. A. A. Resposta do feijoeiro ao nitrogênio em cobertura, sob diferentes lâminas de irrigação e preparos do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 36, n. 3, p. 473-481, mar. 2001.

STONE, L. F.; SILVA, S. C. da. **Uso do tanque Classe A no controle da irrigação do feijoeiro no sistema plantio direto**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 1999. 2 p. (Embrapa Arroz e Feijão. Pesquisa em foco, 25).

STONE, L. F.; SILVA, S. C. da. **Uso do tanque Classe A no controle da irrigação do arroz de terras altas cultivado sob plantio direto**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2004. 4 p. (Embrapa Arroz e Feijão. Circular técnica, 63).

STONE, L. F.; SILVEIRA, P. M. da. Atributos físico-hídricos de um Latossolo Vermelho submetido a diferentes preparos e rotações de culturas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 33., 2004, São Pedro, SP. **Anais...** Campinas: Universidade Estadual de Campinas: Embrapa Informática Agropecuária, 2004. 1 CD-ROM.

STONE, L. F.; SILVEIRA, P. M. da. Efeitos do sistema de preparo do solo e da rotação de culturas na porosidade e densidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 25, n. 2, p. 395-401, abr./jun. 2001.

STONE, L. F.; SILVEIRA, P. M. da. Efeitos do sistema de preparo na compactação do solo, disponibilidade hídrica e comportamento do feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 34, n. 1, p. 83-91, jan. 1999.

STONE, L. F.; SILVEIRA, P. M. da. Irrigação por aspersão nas culturas do feijoeiro e do arroz de terras altas. **Item: Irrigação & Tecnologia Moderna**, Belo Horizonte, n. 58, p. 28-36, 2003.

STONE, L. F.; SILVEIRA, P. M. da; MOREIRA, J. A. A. Manejo do solo e uso da água na agricultura. In: SIMPÓSIO NACIONAL SOBRE O USO DA ÁGUA NA AGRICULTURA, 3., 2009, Passo Fundo. **[Palestras]...** Passo Fundo: Universidade de Passo Fundo, 2009. 1 CD-ROM.

STONE, L. F.; SILVEIRA, P. M. da; MOREIRA, J. A. A.; BRAZ, A. J. B. P. Evapotranspiração do feijoeiro irrigado em plantio direto sobre diferentes palhadas de culturas de cobertura. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 41, n. 4, p. 577-582, 2006.

TAVARES FILHO, J.; BARBOSA, G. M. C.; GUIMARÃES, M. F.; FONSECA, I. C. B. Resistência do solo à penetração e desenvolvimento do sistema radicular do milho (*Zea mays*) sob diferentes sistemas de manejo em um Latossolo Roxo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 25, n. 3, p. 725-730, jul./set. 2001.

URCHEI, M. A. **Efeitos do plantio direto e do preparo convencional sobre alguns atributos físicos de um latossolo vermelho-escuro argiloso e no crescimento e produtividade do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) sob irrigação**. 1996. 131 f. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem) - Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

URCHEI, M. A.; RODRIGUES, J. D.; STONE, L. F. Análise de crescimento de duas cultivares de feijoeiro sob irrigação, em plantio direto e preparo convencional. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 35, n. 3, p. 497-506, mar. 2000.

URCHEI, M. A.; RODRIGUES, J. D.; STONE, L. F.; CHIEPPE JÚNIOR, J. B. Efeitos do plantio direto e do preparo convencional sobre alguns atributos físicos de um latossolo vermelho-escuro argiloso, sob pivô central. **Irriga**, Botucatu, v. 1, n. 3, p. 8-15, 1996.

Comunicado Técnico, 207



Exemplares desta edição podem ser adquiridos na:
Embrapa Arroz e Feijão
Endereço: Rod. GO 462 Km 12 Zona Rural, Caixa Postal 179 75375-000 Santo Antônio de Goiás, GO
Fone: (62) 3533 2123
Fax: (62) 3533 2100
E-mail: sac@cnpaf.embrapa.br
1ª edição
Versão online (2012)

Comitê de publicações

Presidente: Camilla Souza de Oliveira
Secretário-Executivo: Luiz Roberto R. da Silva
Membros: Flávia Aparecida de Alcântara, Luís Fernando Stone, Ana Lúcia Delalibera de Faria, Heloísa Célis Breseghello, Roselene de Queiroz Chaves, Henrique César de Oliveira Ferreira.

Expediente

Supervisão editorial: Camilla Souza de Oliveira
Revisão de texto: Camilla Souza de Oliveira
Normalização bibliográfica: Ana Lúcia D. de Faria
Editoração eletrônica: Fabiano Severino